

(続紙 1)

京都大学	博士（情報学）	氏名	葉山良平
論文題目	ステアバイワイヤシステムの性能向上に関する実証的研究		
（論文内容の要旨） 自動車の小型化、快適性向上、安全性向上、運転し易さ向上の観点から、ステアリングホイールと前輪との間に機械連結を持たず、前輪を電氣的に高度に転舵できるステアバイワイヤ(SBW)の実用化が期待されているが、転舵性能の劣化、操舵反力の欠如による違和感、操舵装置の耐故障性などの克服すべき課題が指摘されている。本論文は、SBWの実用化の促進に向けて、これらの課題の解決とステアリング制御の高度化を目的にし、研究した一連の成果を取りまとめたものであり、全体は8つの章から成る。 第1章は序論であり、機械的連結を除去して前輪を高度に制御するというSBWへの時代の要請と、SBWが克服すべき課題について述べている。 第2章では、転舵性能の劣化という課題に対して、SBW搭載車両を製作して走行実験を行い、電動パワーステアリング用モータの転舵アクチュエータへの転用だけでは、出力不足により転舵意図に対する前輪の応答が著しく劣化することを示し、運転者は負担となる微分ゲインの増加で対応していることを、ドライバモデルで示している。運転者の負担の軽減には、高出力モータもしくは車両の軽量化が、必要であることを明らかにし、高出力モータを有する改良型SBWを比較的軽量の車両に搭載し、転舵性能の向上を実証している。なお、以降の章の実車実験ではこの改良型SBWを用いている。 第3章では、上記のようなモータの高出力化によって、前輪の転舵剛性が向上するため、路面凹凸などの外乱の操舵への影響が抑制できることを示している。 第4章では、前輪を高度に制御することにより、操舵対象としての自動車を運転者にとって操舵し易い、1次遅れ特性へと変換できることを示している。 第5章では、擬似的な操舵反力を評価するための指針を設定し、SBW車両の走行実験により操舵角、転舵力、あるいはヨーレートを反映させた、各種の操舵反力を評価し、切込み操舵と戻し操舵では、異種の操舵反力が必要なことを明らかにしている。			

最後に操舵装置の耐故障性については、まず第6章で、SBW内での要素の冗長化では、3重系などの過度の冗長性が必要となる恐れがあり、SBWの実用化の阻害要因となることを、また非常用の機械連結クラッチなどの追加は、SBWを複雑化するなどの問題点を指摘している。そして、第7章では、既装備となりつつある制駆動力配分装置を多様性バックアップとして用いることで、SBW故障時にも、故障前と同様なステアリングホイール操作で、危険な状況を回避できることを示している。

第8章では、本研究の結論を述べている。

(論文審査の結果の要旨)

燃費向上と環境負荷低減の観点から、小型化かつ軽量化した自動車が期待されており、その車室内空間の快適性と衝突安全への要請から、操舵装置の配置の自由度の向上が求められている。また、安全性向上の観点から、事故を未然に防ぐための予防安全技術が要求されており、走行状態に応じた前輪舵角制御による車両の安定性向上が求められている。さらに、運転支援の観点から、運転者と操舵装置との調和のある共存が求められている。

自動車の小型化、快適性向上、安全性向上、運転し易さ向上などのこれらの要請により、ステアリングホイールと前輪との間に機械連結を持たず、前輪を電氣的に高度に転舵できるステアバイワイヤ(SBW)の実用化が期待されている。この反面、この機械連結を持たないことに起因する転舵性能の劣化、操舵反力の欠如による運転者の違和感、操舵装置の耐故障性などの課題が指摘されている。本論文は、SBWの実用化を促進するため、これらの課題の解決とステアリング制御の高度化を目的にして研究し、下記の成果を得ている。

1. 転舵性能の劣化に対しては、従来の電動パワーステアリング用モータを転舵アクチュエータに転用しただけでは、出力不足により運転者の転舵意図に対する前輪の応答性が著しく劣化することを走行実験で示し、運転者は微分ゲインの増加で対応することをドライバモデルで示した。微分という運転者の負担を軽減するには、大きな出力をもつモータ、もしくは車両の軽量化が必要である。また、これらにより応答性を改善した SBW 車両によれば、前輪の転舵剛性も向上できるため、路面凹凸などの外乱の操舵への影響が、抑制可能となった。さらに、SBW で前輪を制御することにより、操舵対象としての自動車を運転者にとって操舵し易い、1次遅れ特性の操舵対象へと変換できることも示した。
2. 操舵反力の欠如による運転者の違和感に対しては、擬似的な操舵反力を評価するための指針を設定し、SBW 車両の走行実験により操舵角、転舵力、あるいはヨーレート関数としての、3種の操舵反力を評価した。その結果、切込み操舵と戻し操舵では、異なる種類の操舵反力が必要になることなどを明らかにした。
3. 最後に操舵装置の耐故障性については、故障時にも車両の旋回機能を喪失しないように、まず SBW 内での要素の冗長化を論じたが、この種の多重化のみで対処すると、3重系などの過度の冗長性が必要となる恐れがあり、SBWの実用化の阻害要因となる。また、非常用の機械連結クラッチなどの新たな多様性バックアップの追加は、SBWの構成を複雑化するなどの問題点がある。そこ

で、既装備となりつつある制駆動力配分装置をバックアップとして用いることで、旋回機能自体の耐故障性の向上を考え、SBW 故障時にも、故障前と同様なステアリングホイール操作で、危険な状況を回避できる可能性を示した。

以上のように本論文は、次世代型ヒューマンマシンインタフェースとしての、ステアバイワイヤが有する課題の克服を、理論的かつ実証的に詳細に究明したものであり、その成果は情報学に寄与するものと認める。よって本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 21 年 12 月 9 日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。